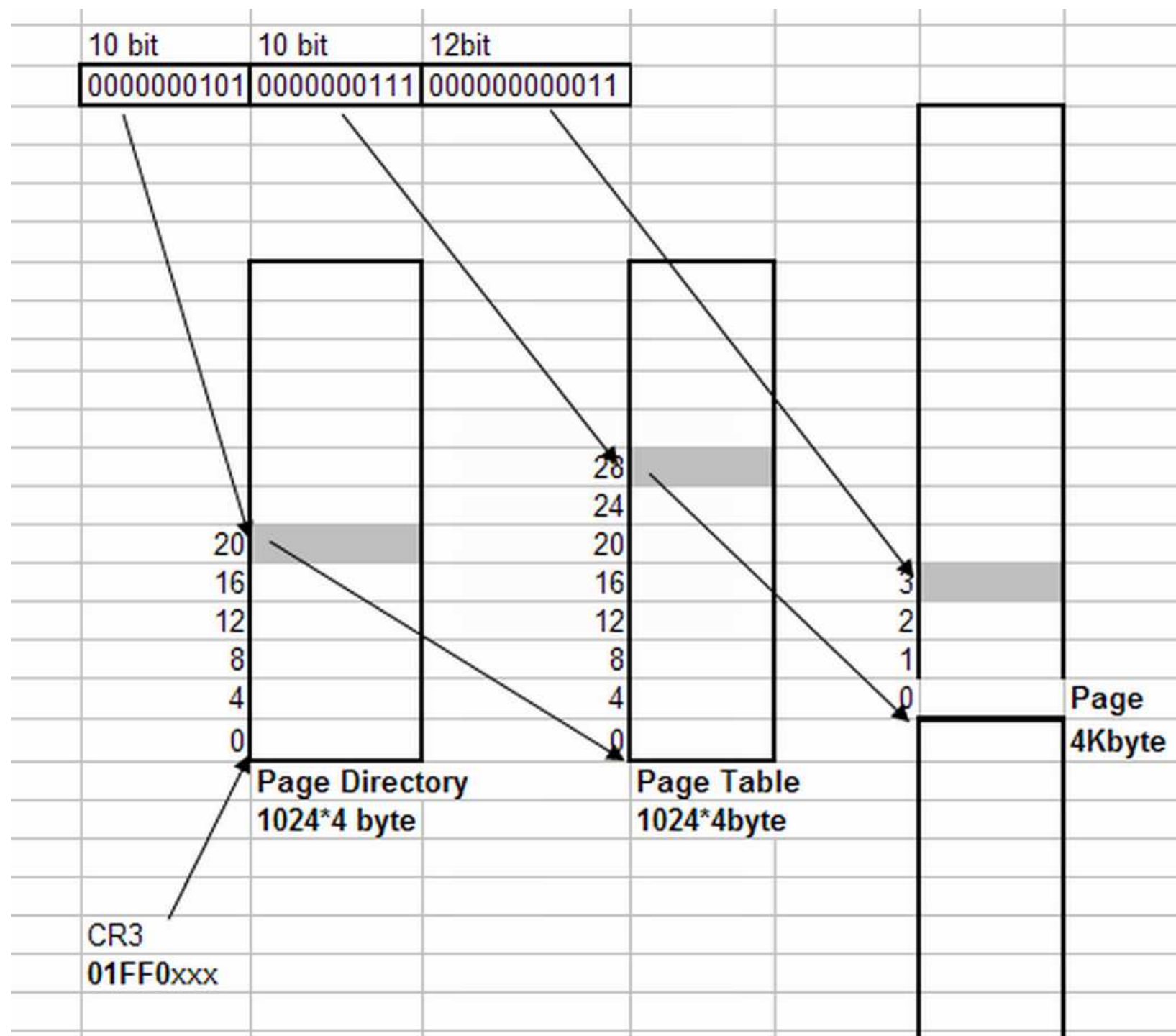
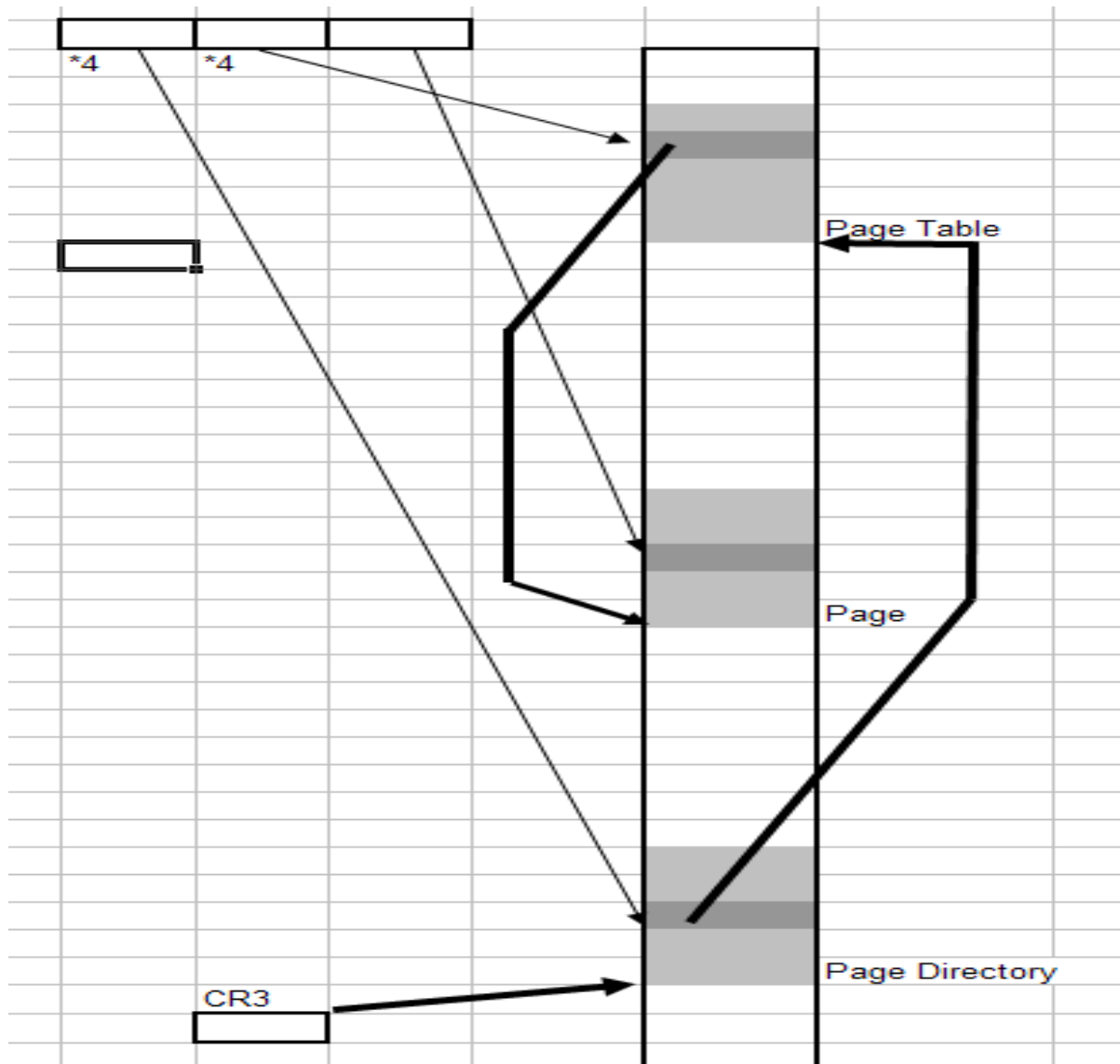


Lapozási címleképezési példa az x86 architektúrában



A Page Directory és az összes Page Table nem külön tárolóban vannak, hanem maguk is lapok a rendes memóriában



Memóriatartalom ábrázolása (memóriatérkép)

Lapokon belüli
címek oszlopa

Az egyes lapok elejének
tartalma 32 bites szavak
sorozataként

	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo
	...	...	...	...	...	...	...	...
0x3C	00D34A52	ABE574CB	F303E5DC	A1FCD603	6E8DB491	E375C906	E99170B2	29AFF404
0x38	56171D04	8B689EA1	F46D0308	9E07EDDB	5569EABF	F05E78EA	3159694B	3FFC2849
0x34	E5C5BDB4	76108A1E	602B4684	F32AD30D	5164E361	CB2E7B88	61BF3C6B	845C1AE0
0x30	2573D472	DAE4BB7A	241B5CA9	8772CD19	888336F8	8BE89D60	F60B199E	6E76C1AD
0x2C	D4CF7ED0	23F52F40	E04EA022	C3768BC5	956CEA98	F0BE4AEC	9C5AD441	42EC13F6
0x28	228090CA	1D8B1A04	66208C93	0940731A	E30F7F3D	00003F9F	605E21D6	DCF104B3
0x24	CB83A9FA	E857E557	D0715A3C	D547EB61	160F6BDD	C6009C78	247E621A	61A0AFBB
0x20	F3A41C7E	1DC2E72E	860F2001	C405ED74	6A4D2561	BE422F25	469DD2BC	85A85561
0x1C	89FA50BF	63C919E8	CF13CF70	65A6ACD7	F0211A4C	CC60E877	B254E633	000054C8
0x18	CB32EC9D	5732BFAB	9CE8AFCB	89436BA2	1B6781F5	4D359046	0DD0284A	4938E6A4
0x14	B41A4E24	81B23EB7	EFBC0551	F05E78EA	F4CD684B	1C60B87B	887C2B32	9B37A598
0x10	8F224297	F2020665	C4DE0EE7	692F7259	566F59B7	0138C94D	EE14EB16	628CB36F
0xC	429BB110	1787AD94	B66BB5A8	D72725AD	241B5CA9	770AA639	66CE6E90	CC60E877
0x8	1CC696B7	59D94B8E	F1F0958A	D22B4530	F87ED964	51D9D0AA	E96EE9A6	8D10A20B
0x4	5DD21103	559C73BD	CAF77F33	EB1A099C	D94AE490	D5DCE148	11F8F46A	ED02D0E0
0x0	A3945D55	CE2C44B7	7BC09C72	3ECA7CB3	7DD3FAB4	BC762E72	711C2E38	1F4F0013

860F2000 61BF3000 3FFC2000 4A173000 F46D0000 860F2000 1CC69000 D547E000

Különböző memóriaszakaszok (lapok) fizikai
kezdőcímei

Példa:

Milyen bájt található a 0x0240E017 lineáris címen és mi a fizikai címe, ha a CR3 regiszter tartalma 0x4A1735A1 és a memória tartalma a következő? (A hozzáférési jogosultságokat hagyjuk figyelmen kívül.)

	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo
	...	...	...	...	...	...	...	...
0x3C	00D34A52	ABE574CB	F303E5DC	A1FCD603	6E8DB491	E375C906	E99170B2	29AFF404
0x38	56171D04	8B689EA1	F46D0308	9E07EDDB	5569EABF	F05E78EA	3159694B	3FFC2849
0x34	E5C5BDB4	76108A1E	602B4684	F32AD30D	5164E361	CB2E7B88	61BF3C6B	845C1AE0
0x30	2573D472	DAE4BB7A	241B5CA9	8772CD19	888336F8	8BE89D60	F60B199E	6E76C1AD
0x2C	D4CF7ED0	23F52F40	E04EA022	C3768BC5	956CEA98	F0BE4AEC	9C5AD441	42EC13F6
0x28	228090CA	1D8B1A04	66208C93	0940731A	E30F7F3D	00003F9F	605E21D6	DCF104B3
0x24	CB83A9FA	E857E557	D0715A3C	D547EB61	160F6BDD	C6009C78	247E621A	61A0AFBB
0x20	F3A41C7E	1DC2E72E	860F2001	C405ED74	6A4D2561	BE422F25	469DD2BC	85A85561
0x1C	89FA50BF	63C919E8	CF13CF70	65A6ACD7	F0211A4C	CC60E877	B254E633	000054C8
0x18	CB32EC9D	5732BFAB	9CE8AFCB	89436BA2	1B6781F5	4D359046	0DD0284A	4938E6A4
0x14	B41A4E24	81B23EB7	EFBC0551	F05E78EA	F4CD684B	1C60B87B	887C2B32	9B37A598
0x10	8F224297	F2020665	C4DE0EE7	692F7259	566F59B7	0138C94D	EE14EB16	628CB36F
0xC	429BB110	1787AD94	B66BB5A8	D72725AD	241B5CA9	770AA639	66CE6E90	CC60E877
0x8	1CC696B7	59D94B8E	F1F0958A	D22B4530	F87ED964	51D9D0AA	E96EE9A6	8D10A20B
0x4	5DD21103	559C73BD	CAF77F33	EB1A099C	D94AE490	D5DCE148	11F8F46A	ED02D0E0
0x0	A3945D55	CE2C44B7	7BC09C72	3ECA7CB3	7DD3FAB4	BC762E72	711C2E38	1F4F0013
	860F2000	61BF3000	3FFC2000	4A173000	F46D0000	860F2000	1CC69000	D547E000

1. lépés: A **Page Directory** megkeresése

A Page Directory kezdőcímét a CR3 regiszter felső húsz bitje tartalmazza, amit 12 bitnyi 0 hozzáírásával egészítünk ki 32 bitre (Mivel 4 kbájtos lapokkal van dolgunk)

Esetünkben a CR3 felső húsz bitje az öt felső hexa jegy, azaz 0x4A173, 32 bitre kiegészítve ez 0x4A173000 lesz. Ezt a lapot kell megkeresnünk a memóriatérképen.

A 4. oszlopban megtaláljuk.

Ez a lap a Page Directory lap.

Ez a lap a Page Directory

	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo
	...	...	...	...	...	...	...	...
0x3C	00D34A52	ABE574CB	F303E5DC	A1FCD603	6E8DB491	E375C906	E99170B2	29AFF404
0x38	56171D04	8B689EA1	F46D0308	9E07EDDB	5569EABF	F05E78EA	3159694B	3FFC2849
0x34	E5C5BDB4	76108A1E	602B4684	F32AD30D	5164E361	CB2E7B88	61BF3C6B	845C1AE0
0x30	2573D472	DAE4BB7A	241B5CA9	8772CD19	888336F8	8BE89D60	F60B199E	6E76C1AD
0x2C	D4CF7ED0	23F52F40	E04EA022	C3768BC5	956CEA98	F0BE4AEC	9C5AD441	42EC13F6
0x28	228090CA	1D8B1A04	66208C93	0940731A	E30F7F3D	00003F9F	605E21D6	DCF104B3
0x24	CB83A9FA	E857E557	D0715A3C	D547EB61	160F6BDD	C6009C78	247E621A	61A0AFBB
0x20	F3A41C7E	1DC2E72E	860F2001	C405ED74	6A4D2561	BE422F25	469DD2BC	85A85561
0x1C	89FA50BF	63C919E8	CF13CF70	65A6ACD7	F0211A4C	CC60E877	B254E633	000054C8
0x18	CB32EC9D	5732BFAB	9CE8AFCB	89436BA2	1B6781F5	4D359046	0DD0284A	4938E6A4
0x14	B41A4E24	81B23EB7	EFBC0551	F05E78EA	F4CD684B	1C60B87B	887C2B32	9B37A598
0x10	8F224297	F2020665	C4DE0EE7	692F7259	566F59B7	0138C94D	EE14EB16	628CB36F
0xC	429BB110	1787AD94	B66BB5A8	D72725AD	241B5CA9	770AA639	66CE6E90	CC60E877
0x8	1CC696B7	59D94B8E	F1F0958A	D22B4530	F87ED964	51D9D0AA	E96EE9A6	8D10A20B
0x4	5DD21103	559C73BD	CAF77F33	EB1A099C	D94AE490	D5DCE148	11F8F46A	ED02D0E0
0x0	A3945D55	CE2C44B7	7BC09C72	3ECA7CB3	7DD3FAB4	BC762E72	711C2E38	1F4F0013
	860F2000	61BF3000	3FFC2000	4A173000	F46D0000	860F2000	1CC69000	D547E000

2. lépés: **A Page Table megkeresése.**

A Page Table maga is egy lap, kezdőcímének felső húsz bitjét a Page Directory 32 bites bejegyzéseiből kell vennünk, a keresett cím felső tíz bitjét használva indexnek.

A keresett cím (0x0240E017) felső tíz bitje

00000010010000001110000000010111

(A 4-es hexa jegyből csak a felső két bit kell)

Ez decimálisan 9, azaz a Page Directory 9-es indexű eleméből kapjuk meg a Page Table címének felső 20 bitjét, amit majd 12 darab 0-val egészítünk ki.

Ez a 9-es indexű elem.

(Az indexelés 0-val kezdődik)

	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo
	...	...	...	...	...	...	...	...
0x3C	00D34A52	ABE574CB	F303E5DC	A1FCD603	6E8DB491	E375C906	E99170B2	29AFF404
0x38	56171D04	8B689EA1	F46D0308	9E07EDDB	5569EABF	F05E78EA	3159694B	3FFC2849
0x34	E5C5BDB4	76108A1E	602B4684	F32AD30D	5164E361	CB2E7B88	61BF3C6B	845C1AE0
0x30	2573D472	DAE4BB7A	241B5CA9	8772CD19	888336F8	8BE89D60	F60B199E	6E76C1AD
0x2C	D4CF7ED0	23F52F40	E04EA022	C3768BC5	956CEA98	F0BE4AEC	9C5AD441	42EC13F6
0x28	228090CA	1D8B1A04	66208C93	9940731A	E30F7F3D	00003F9F	605E21D6	DCF104B3
0x24	CB83A9FA	E857E557	D0715A3C	D547EB61	160F6BDD	C6009C78	247E621A	61A0AFBB
0x20	F3A41C7E	1DC2E72E	860F2001	C405ED74	6A4D2561	BE422F25	469DD2BC	85A85561
0x1C	89FA50BF	63C919E8	CF13CF70	65A6ACD7	F0211A4C	CC60E877	B254E633	000054C8
0x18	CB32EC9D	5732BFAB	9CE8AFCB	89436BA2	1B6781F5	4D359046	0DD0284A	4938E6A4
0x14	B41A4E24	81B23EB7	EFBC0551	F05E78EA	F4CD684B	1C60B87B	887C2B32	9B37A598
0x10	8F224297	F2020665	C4DE0EE7	692F7259	566F59B7	0138C94D	EE14EB16	628CB36F
0xC	429BB110	1787AD94	B66BB5A8	D72725AD	241B5CA9	770AA639	66CE6E90	CC60E877
0x8	1CC696B7	59D94B8E	F1F0958A	D22B4530	F87ED964	51D9D0AA	E96EE9A6	8D10A20B
0x4	5DD21103	559C73BD	CAF77F33	EB1A099C	D94AE490	D5DCE148	11F8F46A	ED02D0E0
0x0	A3945D55	CE2C44B7	7BC09C72	3ECA7CB3	7DD3FAB4	BC762E72	711C2E38	1F4F0013
	860F2000	61BF3000	3FFC2000	4A173000	F46D0000	860F2000	1CC69000	D547E000

Az elem felső húsz bitje 12 darab 0-val kiegészítve adja meg a Page Table 32 bites kezdőcímét

Esetünkben ez 0xD547E000 lesz. Ezt a kezdőcímet kell megkeresnünk a memóriatérképen

Ez a Page Table

	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo
	...	...	...	...	...	...	...	...
0x3C	00D34A52	ABE574CB	F303E5DC	A1FCD603	6E8DB491	E375C906	E99170B2	29AFF404
0x38	56171D04	8B689EA1	F46D0308	9E07EDDB	5569EABF	F05E78EA	3159694B	3FFC2849
0x34	E5C5BDB4	76108A1E	602B4684	F32AD30D	5164E361	CB2E7B88	61BF3C6B	845C1AE0
0x30	2573D472	DAE4BB7A	241B5CA9	8772CD19	888336F8	8BE89D60	F60B199E	6E76C1AD
0x2C	D4CF7ED0	23F52F40	E04EA022	C3768BC5	956CEA98	F0BE4AEC	9C5AD441	42EC13F6
0x28	228090CA	1D8B1A04	66208C93	0940731A	E30F7F3D	00003F9F	605E21D6	DCF104B3
0x24	CB83A9FA	E857E557	D0715A3C	D547EB61	160F6BDD	C6009C78	247E621A	61A0AFBB
0x20	F3A41C7E	1DC2E72E	860F2001	C405ED74	6A4D2561	BE422F25	469DD2BC	85A85561
0x1C	89FA50BF	63C919E8	CF13CF70	65A6ACD7	F0211A4C	CC60E877	B254E633	000054C8
0x18	CB32EC9D	5732BFAB	9CE8AFCB	89436BA2	1B6781F5	4D359046	0DD0284A	4938E6A4
0x14	B41A4E24	81B23EB7	EFBC0551	F05E78EA	F4CD684B	1C60B87B	887C2B32	9B37A598
0x10	8F224297	F2020665	C4DE0EE7	692F7259	566F59B7	0138C94D	EE14EB16	628CB36F
0xC	429BB110	1787AD94	B66BB5A8	D72725AD	241B5CA9	770AA639	66CE6E90	CC60E877
0x8	1CC696B7	59D94B8E	F1F0958A	D22B4530	F87ED964	51D9D0AA	E96EE9A6	8D10A20B
0x4	5DD21103	559C73BD	CAF77F33	EB1A099C	D94AE490	D5DCE148	11F8F46A	ED02D0E0
0x0	A3945D55	CE2C44B7	7BC09C72	3ECA7CB3	7DD3FAB4	BC762E72	711C2E38	1F4F0013
	860F2000	61BF3000	3FFC2000	4A173000	F46D0000	860F2000	1CC69000	D547E000

3. lépés: **A lap kezdőcímének megkeresése**

A lap kezdőcímének felső húsz bitjét a Page Table 32 bites bejegyzéseiből kell vennünk, a keresett cím következő tíz bitjét használva indexnek.

A keresett cím (0x0240E017) következő tíz bitje

00000010010000001110000000010111

Ez decimálisan 14, azaz a Page Table 14-es indexű eleméből kapjuk meg a keresett lap kezdőcímének felső 20 bitjét

Ez a 14-es indexű elem

	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo
	...	...	...	...	...	...	...	...
0xc3C	00D34A52	ABE574CB	F303E5DC	A1FCD603	6E8DB491	E375C906	E99170B2	29AFF404
0xc38	56171D04	8B689EA1	F46D0308	9E07EDDB	5569EABF	F05E78EA	3159694B	3FFC2849
0xc34	E5C5BDB4	76108A1E	602B4684	F32AD30D	5164E361	CB2E7B88	61BF3C6B	845C1AE0
0xc30	2573D472	DAE4BB7A	241B5CA9	8772CD19	888336F8	8BE89D60	F60B199E	6E76C1AD
0xc2C	D4CF7ED0	23F52F40	E04EA022	C3768BC5	956CEA98	F0BE4AEC	9C5AD441	42EC13F6
0xc28	228090CA	1D8B1A04	66208C93	0940731A	E30F7F3D	00003F9F	605E21D6	DCF104B3
0xc24	CB83A9FA	E857E557	D0715A3C	D547EB61	160F6BDD	C6009C78	247E621A	61A0AFBB
0xc20	F3A41C7E	1DC2E72E	860F2001	C405ED74	6A4D2561	BE422F25	469DD2BC	85A85561
0xc1C	89FA50BF	63C919E8	CF13CF70	65A6ACD7	F0211A4C	CC60E877	B254E633	000054C8
0xc18	CB32EC9D	5732BFAB	9CE8AFCB	89436BA2	1B6781F5	4D359046	0DD0284A	4938E6A4
0xc14	B41A4E24	81B23EB7	EFBC0551	F05E78EA	F4CD684B	1C60B87B	887C2B32	9B37A598
0xc10	8F224297	F2020665	C4DE0EE7	692F7259	566F59B7	0138C94D	EE14EB16	628CB36F
0xc	429BB110	1787AD94	B66BB5A8	D72725AD	241B5CA9	770AA639	66CE6E90	CC60E877
0xc8	1CC696B7	59D94B8E	F1F0958A	D22B4530	F87ED964	51D9D0AA	E96EE9A6	8D10A20B
0xc4	5DD21103	559C73BD	CAF77F33	EB1A099C	D94AE490	D5DCE148	11F8F46A	ED02D0E0
0xc0	A3945D55	CE2C44B7	7BC09C72	3ECA7CB3	7DD3FAB4	BC762E72	711C2E38	1F4F0013
	860F2000	61BF3000	3FFC2000	4A173000	F46D0000	860F2000	1CC69000	D547E000

Az elem felső húsz bitje 12 darab 0-val kiegészítve adja meg a keresett lap 32 bites kezdőcímét
Esetünkben ez 0x3FFC2000 lesz. Ezt a kezdőcímet kell megkeresnünk a memóriatérképen

Ez a keresett lap



	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo
	...	...	...	...	...	...	...	...
0xc3C	00D34A52	ABE574CB	F303E5DC	A1FCD603	6E8DB491	E375C906	E99170B2	29AFF404
0xc38	56171D04	8B689EA1	F46D0308	9E07EDDB	5569EABF	F05E78EA	3159694B	3FFC2849
0xc34	E5C5BDB4	76108A1E	602B4684	F32AD30D	5164E361	CB2E7B88	61BF3C6B	845C1AE0
0xc30	2573D472	DAE4BB7A	241B5CA9	8772CD19	888336F8	8BE89D60	F60B199E	6E76C1AD
0xc2C	D4CF7ED0	23F52F40	E04EA022	C3768BC5	956CEA98	F0BE4AEC	9C5AD441	42EC13F6
0xc28	228090CA	1D8B1A04	66208C93	0940731A	E30F7F3D	00003F9F	605E21D6	DCF104B3
0xc24	CB83A9FA	E857E557	D0715A3C	D547EB61	160F6BDD	C6009C78	247E621A	61A0AFBB
0xc20	F3A41C7E	1DC2E72E	860F2001	C405ED74	6A4D2561	BE422F25	469DD2BC	85A85561
0xc1C	89FA50BF	63C919E8	CF13CF70	65A6ACD7	F0211A4C	CC60E877	B254E633	000054C8
0xc18	CB32EC9D	5732BFAB	9CE8AFCB	89436BA2	1B6781F5	4D359046	0DD0284A	4938E6A4
0xc14	B41A4E24	81B23EB7	EFBC0551	F05E78EA	F4CD684B	1C60B87B	887C2B32	9B37A598
0xc10	8F224297	F2020665	C4DE0EE7	692F7259	566F59B7	0138C94D	EE14EB16	628CB36F
0xcC	429BB110	1787AD94	B66BB5A8	D72725AD	241B5CA9	770AA639	66CE6E90	CC60E877
0xc8	1CC696B7	59D94B8E	F1F0958A	D22B4530	F87ED964	51D9D0AA	E96EE9A6	8D10A20B
0xc4	5DD21103	559C73BD	CAF77F33	EB1A099C	D94AE490	D5DCE148	11F8F46A	ED02D0E0
0xc0	A3945D55	CE2C44B7	7BC09C72	3ECA7CB3	7DD3FAB4	BC762E72	711C2E38	1F4F0013
	860F2000	61BF3000	3FFC2000	4A173000	F46D0000	860F2000	1CC69000	D547E000

4. lépés: **A lapon belüli cím megtalálása**

A lapon belüli cím az eredeti keresett cím utolsó 12 bitje.

Itt már nincs szükségünk a bináris alakra, az eredeti cím utolsó három hexa jegye adja a lapon belüli címet, ez alapján a bal oldali címoszlop segítségével könnyen megtaláljuk a keresett bájtot.

Az eredeti keresett cím (0x0240E017) utolsó három hexa jegye: 0x017

Ügyeljünk a helyes Hi-Lo bájtrendre! Az x86 a „little endian” konvenciót követi, vagyis a több bájtból álló operandus megadásánál a cím a legkisebb helyiértékű bájtra mutat.

Ez a keresett című bájt

	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo	Hi....Lo
	...	...	...	...	...	...	...	...
0x3C	00D34A52	ABE574CB	F303E5DC	A1FCD603	6E8DB491	E375C906	E99170B2	29AFF404
0x38	56171D04	8B689EA1	F46D0308	9E07EDDB	5569EABF	F05E78EA	3159694B	3FFC2849
0x34	E5C5BDB4	76108A1E	602B4684	F32AD30D	5164E361	CB2E7B88	61BF3C6B	845C1AE0
0x30	2573D472	DAE4BB7A	241B5CA9	8772CD19	888336F8	8BE89D60	F60B199E	6E76C1AD
0x2C	D4CF7ED0	23F52F40	E04EA022	C3768BC5	956CEA98	F0BE4AEC	9C5AD441	42EC13F6
0x28	228090CA	1D8B1A04	66208C93	0940731A	E30F7F3D	00003F9F	605E21D6	DCF104B3
0x24	CB83A9FA	E857E557	D0715A3C	D547EB61	160F6BDD	C6009C78	247E621A	61A0AFBB
0x20	F3A41C7E	1DC2E72E	860F2001	C405ED74	6A4D2561	BE422F25	469DD2BC	85A85561
0x1C	89FA50BF	63C919E8	CF13CF70	65A6ACD7	F0211A4C	CC60E877	B254E633	000054C8
0x18	CB32EC9D	5732BFAB	9CE8AFCB	89436BA2	1B6781F5	4D359046	0DD0284A	4938E6A4
0x14	B41A4E24	81B23EB7	EFBC0551	F05E78EA	F4CD684B	1C60B87B	887C2B32	9B37A598
0x10	8F224297	F2020665	C4DE0EE7	692F7259	566F59B7	0138C94D	EE14EB16	628CB36F
0xC	429BB110	1787AD94	B66BB5A8	D72725AD	241B5CA9	770AA639	66CE6E90	CC60E877
0x8	1CC696B7	59D94B8E	F1F0958A	D22B4530	F87ED964	51D9D0AA	E96EE9A6	8D10A20B
0x4	5DD21103	559C73BD	CAF77F33	EB1A099C	D94AE490	D5DCE148	11F8F46A	ED02D0E0
0x0	A3945D55	CE2C44B7	7BC09C72	3ECA7CB3	7DD3FAB4	BC762E72	711C2E38	1F4F0013
	860F2000	61BF3000	3FFC2000	4A173000	F46D0000	860F2000	1CC69000	D547E000

Vagyis a feladat megoldása: A 0x0240E017 lineáris című bájt tartalma: **0xEF**,
fizikai címe: **0x3FFC2017**

Megjegyzés:

Itt csak a legegyszerűbb, 4 kB-os lapokkal történő lapozás címleképezését néztük az alapesetben

Ezen kívül más leképezési módok és lapméretek is vannak (4MB, 2MB, 1GB), ezek leképezése hasonló szellemben történik.